

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

REC'D 23 APR 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 04 723.5  
**Anmeldetag:** 05. Februar 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Continental Teves AG & Co oHG,  
Frankfurt am Main/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren zur Koordination des Einsatzes eines  
regenerativen und eines blockierschutzgeregelten  
Systems  
**IPC:** B 60 T 8/32

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 06. März 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

Wehner

**PRIORITY DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH  
 RULE 17.1(a) OR (b)

05.02.2002

P 10334

J. Führer

**Verfahren zur Koordination des Einsatzes eines regenerativen und eines blockierschutzgeregelten Systems**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren für ein Kraftfahrzeug mit einem regenerativen und mit einem blockierschutzgeregelten, herkömmlichen Bremsensystem (ABS), zur Koordination des Einsatzes des regenerativen und des blockierschutzgeregelten Systems, wobei bei Eintritt in eine ABS-Regelung das regenerative Bremsensystem abgeschaltet wird.

Bei Fahrzeugen mit regenerativer Bremse (Elektro- und Hybridfahrzeuge) wird im Teilbremsbereich ein Großteil oder die gesamte Bremsleistung vom Elektroantrieb im Generatorbetrieb aufgebracht und die wiedergewonnene Energie in die Batterie zurückgespeist. Um eine hohe Effizienz zu erzielen, wird nach Möglichkeit die gesamte Bremsleistung vom Generator aufgebracht, und damit nur an der angetriebenen Achse umgesetzt. Bei niedrigem Reibwert, etwa auf Eis, kann dabei eine ABS-Regelung ausgelöst werden, weil an der angetriebenen Achse der Reibwert nicht ausreicht, um das geforderte Bremsmoment zu übertragen. Wenn das ABS-System aktiv ist, wird die regenerative Bremse abgeschaltet, um die Räder vom Antriebsstrang zu entkoppeln und die normale ABS-Funktion zu gewährleisten.

Im folgenden wird als Beispiel von einem Fahrzeug mit Elektro- oder Elektrohybridantrieb (Elektro- und Verbrennungsmotor) und EHB Bremse ausgegangen.

In der Praxis treten dabei folgende Probleme auf:

Wenn die ABS-Regelung beendet ist, wäre es vorteilhaft, die regenerative Bremse wieder zuzulassen. Dadurch würde aber die ge-

- 2 -

same Bremsleistung wieder auf die Antriebsachse verlagert werden und es könnte zu Dauerzyklen (zyklische Umschaltung ABS - regenerative Bremse - ABS - usw.) kommen. Dies wird vom Fahrer als unangenehm empfunden und wirkt sich nachteilig auf die Fahrstabilität aus.

Nach dem Stand der Technik wird bei einem Eintritt in eine ABS-Regelung die regenerative Bremse abgeschaltet. Sie bleibt abgeschaltet, bis der Bremsvorgang vollständig beendet ist. Dies wird daran erkannt, dass der Fahrer Gas gibt oder im Stillstand die Bremse löst.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Nachteile zu überwinden und ein Verfahren der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit dem sich der Einsatz der regenerativen Bremsensysteme verbessern lässt.

Es hat sich gezeigt, dass diese Aufgabe mit Hilfe des erfundungsgemäßen, im Anspruch 1 definierten Verfahrens zu lösen ist, dessen Besonderheit darin besteht, dass ein regeneratives Bremsen mit Hilfe des regenerativen Bremsensystems nach Beendigung der ABS-Regelung oder ABS-Regelphase in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation und/oder von Kriterien, die die Bremsenanforderung und den momentanen Reibwert wiedergeben, wieder zugelassen wird.

Die Erfindung besteht also in einem speziellen Verfahren, mit dem der Einsatz einer regenerativen Bremse und einer Reibungsbremse derart koordiniert werden, dass nach einer ABS-Regelung die regenerative Bremse schrittweise wieder zugeschaltet wird. Dabei werden Dauerzyklen verhindert. Das Verfahren tastet sich gezielt an das Optimum aus Fahrstabilität, Komfort und effektivem Einsatz der regenerativen Bremse (Wirkungsgrad) heran, wo bei sowohl gleichbleibende als auch veränderliche Randbedingungen aus Reibwert und Bremsanforderung berücksichtigt werden.

- 3 -

Weitere Einzelheiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen hervor.

Nach Beendigung einer ABS-Regelungsphase wird das regenerative Bremsen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in modifizierter Form wieder zugelassen.

Folgende Zustände werden unterschieden:

1. Im Teilbremsbereich (vor Eintritt in die ABS-Regelung) wird die geforderte Bremsleistung bis zu einem vom Generator vorgegebenen Maximalwert von der regenerativen Bremse umgesetzt, eine darüber hinausgehende Anforderung wird von der Radbremse umgesetzt.
2. Bei Eintritt in die ABS-Regelung wird die regenerative Bremse abgeschaltet. Die geforderte Bremsleistung wird vollständig von der Radbremse (in der ABS-Regelung) umgesetzt.
3. Nach Ende der ABS Regelung wird gewartet, bis ein Timer abgelaufen ist. Während dieser Zeit (z.B. 2s) bleibt die regenerative Bremse abgeschaltet (wie 2.). Die Bremsanforderung wird nur über die Radbremse umgesetzt. Der Druck in den Radbremszylindern am Ende der ABS-Regelung wird ermittelt, in ein Bremsmoment umgerechnet und abgespeichert.
4. Nach Ablauf von 3. wird die regenerative Bremse wieder eingeschaltet. Das Bremsmoment wird allerdings begrenzt. Die Grenze wird mit einem voreingestellten Gradienten von 0 erhöht, bis ein bestimmter Anteil (z.B. 80%) des in 3. ermittelten Bremsmomentes der Antriebsachse am Ende der ABS-Regelung erreicht ist. Die restliche Bremsleistung wird weiter von der Radbremse aufgebracht. In diesem Zustand

- 4 -

wird die Bremskraftverteilung auf die Achsen im Vergleich zum Ende der ABS-Regelung nicht verändert. Ein erneuter ABS-Eintritt ist bei unveränderten Randbedingungen (Reibwert, Bremsanforderung) nicht möglich.

5. Nach Ablauf von 4. wird die Grenze für das Bremsmoment der regenerativen Bremse langsam weiter erhöht bis der vom Generator vorgegebene Maximalwert erreicht ist. Die darüber hinausgehende Bremsleistung wird weiter von der Radbremse aufgebracht. In diesem Zustand wird die Bremskraftverteilung auf die Achsen schrittweise wieder auf die Antriebsachse verlagert. Ein erneuter ABS-Eintritt ist bei unveränderten Randbedingungen (Reibwert, Bremsanforderung) möglich.
6. Nach Ablauf von 5. ist die regenerative Bremse wieder vollständig eingeschaltet. Damit ist 1. wieder hergestellt. 6. entspricht 1.

Sollte in den Zuständen 3-5 vor Übergang in den nächsten Zyklus ein Eintritt in die ABS-Regelung erfolgen, so erfolgt ein Übergang in den Zustand 2 und von dort wird der Zyklus fortgesetzt. Um Dauerzyklen zu vermeiden, wird die Zahl der Durchläufe folgendermaßen begrenzt:

- Bei einem erneuten ABS-Eintritt in Zustand 5 wird beim nächsten Durchlauf in 4. angehalten (kein Übergang mehr nach 5.). Die Grenze für das Bremsmoment der regenerativen Bremse bleibt damit auf dem in 4. erreichten Wert.
- Bei einem erneuten ABS-Eintritt in Zustand 4 wird beim nächsten Durchlauf in 3. angehalten (kein Übergang mehr nach 4.). Die regenerative Bremse bleibt abgeschaltet.

- 5 -

- Bei einem erneuten ABS-Eintritt in Zustand 3 wird die Zahl der Durchläufe nicht begrenzt. Hier findet kein schädliches Ein- und Ausschalten der regenerativen Bremse statt.

Damit sind nach einem ABS-Eintritt folgende Durchläufe möglich:

a) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 1...

Der Zyklus wurde vollständig durchlaufen. Ein erneuter ABS-Eintritt ist nur durch zwischenzeitlich veränderte Randbedingungen (Fahrer-Bremsanforderung, Reibwert) möglich. Dauerzyklen (mehrfacher Durchlauf) sind unwahrscheinlich. Daher wird ein erneuter Durchlauf zugelassen.

b) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 2 - 3 - 4

Der Reibwert hat nicht ausgereicht, um die regenerative Bremse vollständig wieder zuzulassen. Daher gibt es in 5 einen erneuten ABS-Eintritt. Bei unveränderten Randbedingungen erfolgt aus Zustand 4 heraus kein erneuter Eintritt in die ABS-Regelung. Die regenerative Bremse bleibt mit verminderter Leistung eingeschaltet.

c) 1 - 2 - 3 - 4 - 2 - 3

In Zustand 4 reduziert sich der Reibwert und es erfolgt ein neuer ABS-Eintritt. Danach bleibt in Zustand 3 die regenerative Bremse abgeschaltet.

d) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 2 - 3 - 4 - 2 - 3

Nach Durchlauf wie b) reduziert sich der Reibwert und es erfolgt ein neuer ABS-Eintritt. Danach bleibt in Zustand 3 wie in c) die regenerative Bremse abgeschaltet. Kombination von b) und c).

- 6 -

e) 1 - 2 - 3 - 2 - 3 - 2 ....

Dauerzyklus ohne schädliche Auswirkung. Die regenerative Bremse bleibt abgeschaltet.

Wird der Zyklus wie oben beschrieben angehalten, so wird ein Timer gestartet. Nach Ablauf einer längeren Zeit (z.B. 30s) oder wenn der Fahrer Gas gibt oder kein Bremsmoment mehr angefordert wird, wird der Zyklus wieder freigegeben, also an der Stelle fortgesetzt, an der er angehalten wurde. Die Zeit wird so lange gewählt, dass man davon ausgehen kann, dass der Fahrer den Zusammenhang nicht mehr als störend wahrnimmt. Außerdem sind konstante Randbedingungen über längere Zeit sehr unwahrscheinlich.

Vorteile:

Bei Bremsungen auf inhomogenem Reibwert wird der Gesamtwirkungsgrad durch den ausgeweiteten Einsatz der regenerativen Bremse deutlich erhöht.

Weitere Anwendungsbeispiele sind:

1. Bergabfahrt über eine längere Strecke mit dauernd betätigter Radbremse. Ein Niedrigreibwertfleck zu Beginn der Strecke löst ABS aus, danach folgt nur noch Hochreibwert. Solche Verhältnisse sind auf einem Alpenpass typisch. Nach dem bisherigen Stand der Technik würde die regenerative Bremse abgeschaltet und die gesamte Energie, die bei der Bergabfahrt umgesetzt wird, ginge erstens zum Aufladen der Antriebsbatterie verloren und würde zweitens die Radbremse stark erwärmen. Nach dem neuen Verfahren kann fast die gesamte Energie zum Aufladen benutzt werden und die Radbremse wird entlastet.

- 7 -

2. Fahrbahnstörung zu Beginn der Bremsung, danach Hochreibwert. Typisch für Autobahnen mit schlechter Fahrbahnqualität. Vorteile wie 1.
3. Bremsung auf Eis. Das dargestellte Verfahren verhindert, dass mehrere Zyklen regenerative Bremse - ABS aufeinander folgen. Für die Stabilität des Fahrzeugs ungünstige Abfolgen der Bremskraftverlagerung (Vorderachse - Hinterachse) werden vermieden, der Komfort durch einen homogenen Verlauf der Bremsung erhöht.

Weitere Varianten:

- Ein mehrfacher Durchlauf von Zyklus a) kann nach dem gleichen Prinzip verhindert werden.
- Die beschriebenen Gradienten und Zeiten können variabel gestaltet werden und z.B. vom Reibwert abhängen.

## Patentansprüche:

1. Verfahren für ein Kraftfahrzeug mit einem regenerativen und mit einem blockierschutzgeregelten, herkömmlichen Bremsensystem (ABS), zur Koordination des Einsatzes des regenerativen und des blockierschutzgeregelten Systems, wobei bei Eintritt in eine ABS-Regelung das regenerative Bremsensystem abgeschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein regeneratives Bremsen mit Hilfe des regenerativen Bremsensystems nach Beendigung der ABS-Regelung oder ABS-Regelphase in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation und/oder von Kriterien, die die Bremsenanforderung und den momentanen Reibwert wiedergeben, wieder zugelassen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das regenerative Bremsen nach Beendigung eines ABS-Regelmodus in modifizierter Form im Vergleich zu dem regenerativen Bremsen vor Eintritt des ABS-Regelmodus durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass vor Eintritt in eine ABS-Regelung die geforderte, d.h. dem Fahrerwunsch entsprechende Bremsleistung bis zum Erreichen eines von dem regenerativen Bremsensystem abhängigen Maximalwert durch das regenerative Bremsensystem, nach Eintritt in eine ABS-Regelung durch das herkömmliche Bremsensystem aufgebracht wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Beenden einer ABS-Regelung bzw. eines ABS-Regelmodus und nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne nach Beendigung der ABS-Regelung das regenerative Bremssystem wieder zugeschaltet wird, wo bei das durch das regenerative Bremsensystem aufgebrachte Bremsmoment auf einem vorgegebenen Grenzwert beschränkt und

- 9 -

der über den Grenzwert hinausgehende Anteil des geforderten Bremsmomentes durch das herkömmliche Bremssystem aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Zeitspanne in der Größenordnung von einigen Sekunden, z.B. 1 bis 3 Sekunden, liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass vorgegebene Grenzwert in Abhängigkeit von dem Blockierdruckniveau, d.h. von dem nach Beendigung der ABS-Regelung in der Radbremse herrschenden Bremsdruck, variiert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Grenzwert mit einem voreingestellten Gradienten bis zum Erreichen eines zulässigen Maximalanteils der geforderten Bremsleistung erhöht und der über den Grenzwert hinausgehende Anteil des geforderten Bremsmomentes durch das herkömmliche Bremssystem aufgebracht wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer vorgegebenen Wartezeit nach Erreichen des zulässigen Maximalanteils der geforderten Bremsleistung ein Anstieg des zulässigen Maximalanteils mit einem vorgegebenen Gradienten bis zum Erreichen der Maximalleistung des regenerativen Bremssystems erhöht wird, wobei der über die Bremsleistung des regenerativen Bremssystems hinausgehende Anteil des geforderten Bremsmomentes durch das herkömmliche Bremssystem aufgebracht.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Fahrzeug mit nur einer angetriebenen Achse die Bremskraftverteilung zugunsten

- 10 -

der angetriebenen Achse verlagert wird, wenn die geforderte Bremsleistung der angetriebenen Achse durch das regenerative Bremssystem aufgebracht werden kann.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei erneutem Eintritt in eine ABS-Regelung nach Übergang in Phasen mit regenerativer Bremsung der erneute Übergang in Phasen regenerativer Bremsung erschwert und/oder verzögert wird.

- 11 -

**Verfahren zur Koordination des Einsatzes eines regenerativen  
und eines blockierschutzgeregelten Systems**

Zusammenfassung:

Bei einem Verfahren, das für ein Kraftfahrzeug mit einem regenerativen und mit einem blockierschutzgeregelten, herkömmlichen Bremsensystem (ABS) vorgesehen ist und zur Koordination des Einsatzes des regenerativen und des blockierschutzgeregelten Systems dient, wird bei Eintritt in eine ABS-Regelung das regenerative Bremsensystem abgeschaltet, jedoch nach Beendigung der ABS-Regelung oder ABS-Regelphase ein regeneratives Bremsen in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation und/oder von Kriterien, die die Bremsenanforderung und den momentanen Reibwert wiedergeben, wieder zugelassen.